

LA MALADIE DE L'AULNE EN WALLONIE : ÉVOLUTION DEPUIS SON ÉMERGENCE

JENNIFER DI PRINZIO – ANNE CHANDELIER
FRÉDÉRIC HENROTAY – HUGUES CLAESSENS

*La maladie de l'aulne, causée par l'oomycète *Phytophthora alni* s'est manifestée brutalement en Europe au cours des années '90 et provoque depuis lors des dégâts importants dans les cordons rivulaires¹⁰. Grâce au monitoring mis en place dès 2001 par Gembloux Agro-Bio Tech (ULg), cet article fait le point sur l'évolution de l'état sanitaire de l'aulne depuis la découverte de la maladie en Belgique en 1999².*

Essence majeure des forêts riveraines, l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTN) s'avère être un élément essentiel dans la gestion des berges des cours d'eau. Il y joue de nombreux rôles écologiques dans les milieux qu'il colonise grâce aux interactions qu'il entretient avec le cours d'eau (apports nutritifs, régulation de la lumière, qualité de l'eau...). Particulièrement adaptées aux milieux humides, ses racines s'enfoncent profondément dans les sols asphyxiques et les

structurent, participant ainsi au maintien des berges et à la limitation de l'érosion. L'aulne propose de nombreux habitats dans ses enchevêtrements racinaires, ses branches et les chablis dans l'eau. À ce titre, l'essence est souvent utilisée en génie végétal pour la gestion des cours d'eau et de leurs berges.³

Détecté et isolé pour la première fois en 1993 en Grande-Bretagne, le *Phytophthora* de l'aulne est un oomycète hybride in-

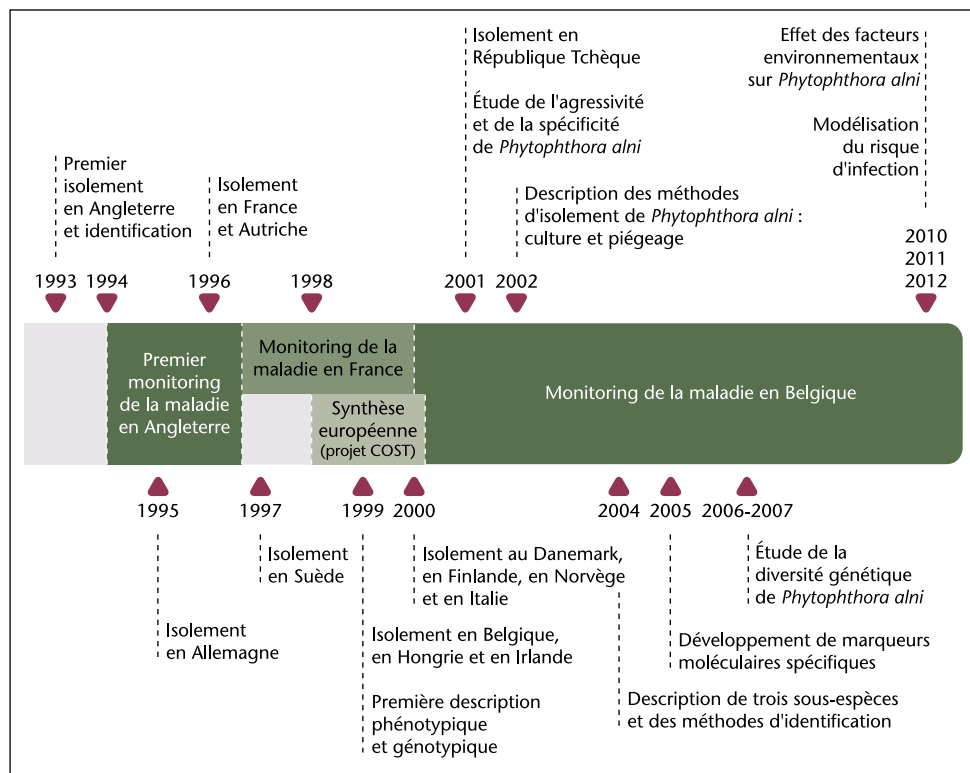
terspécifique récent encore instable et d'une grande complexité génétique et phénotypique. Son étude, menée conjointement par différents laboratoires européens, a été très délicate et a nécessité le développement de marqueurs moléculaires spécifiques (figure 1). On lui connaît trois sous-espèces : *Phytophthora alni* subs. *alni*, *uniformis* et *multiformis*¹, toutes présentes en Wallonie⁴. La sous-espèce *alni* est de loin la plus répandue et également

la plus agressive. Des études récentes suggèrent qu'elle serait le résultat de plusieurs hybridations. C'est la première fois qu'un hybride interspécifique est associé à une épidémie de cette ampleur.

LA MALADIE DE L'AULNE

La propagation du *Phytophthora* se réalise principalement via la dissémination

Figure 1 – Ligne du temps des progrès majeurs de la recherche sur la maladie de l'aulne. Deux grandes phases se sont succédé. La première, durant les années '90, correspond à la découverte de l'agent pathogène dans divers pays européens et à sa première description, puis à la mise en place d'inventaires pour déterminer l'ampleur de la maladie et ses effets sur les populations d'aulnes. La deuxième phase débute dans les années 2000, durant laquelle des études plus spécifiques sur le comportement de l'agent pathogène ainsi que sur son génome sont menées. Ces dernières années, les recherches se focalisent d'avantage sur la manière dont le *Phytophthora* s'inscrit dans son environnement et réagit aux variations de celui-ci, avec à la clé la possibilité de prédire les risques d'infection futurs.



de zoospores flagellées (reproduction asexuée) véhiculées par le cours d'eau⁷. Les spores mobiles ne restent efficaces que durant quelques heures, après quoi ils sont capables de s'enkyster afin d'attendre les conditions propices à leur développement. Des tissus infectés (provenant par exemple de débris d'abattage) peuvent également être la source de nouvelles contaminations. L'infection des arbres se fait au niveau des racines et du collet qui sont en contact avec l'eau. Une fois l'hôte atteint, l'agent pathogène envahit le phloème et le cambium, empêchant la circulation de la sève. Le stress hydrique qui s'en suit affaiblit l'arbre et peut parfois provoquer sa mort lorsque le tronc est ceinturé.

L'attaque du *Phytophthora* s'accompagne généralement d'un ou de plusieurs symptômes : houppier dépérissant, feuilles jaunissantes ou de taille réduite. On observe également des nécroses de couleur rouille à noirâtre sur la partie inférieure du tronc, pouvant être accompagnées de suintements. Ce dernier symptôme est le plus spécifique de la maladie, tandis que les autres peuvent être associés à un stress hydrique, à l'attaque d'un insecte défoliateur, etc.¹⁰

Depuis le premier signalement de la maladie de l'aulne en Belgique², le nombre d'arbres touchés n'a cessé d'augmenter, entraînant une importante dégradation de l'état sanitaire des ripisylves.

Outils et méthodologie

Réseau du monitoring

Dès 2001, afin d'évaluer l'ampleur de la maladie de l'aulne et de suivre son évolution, plus de deux cents placettes de 50 mètres de

longueur ont été mises en place le long des ruisseaux et rivières de Wallonie. Depuis, ce réseau de placettes fait l'objet d'un suivi presque annuel. Afin de déterminer si la maladie se propage aussi à l'écart des cours d'eau et de leurs crues, une quarantaine de placettes forestières circulaires d'une vingtaine d'aulnes ont également été suivies en 2003, 2007 et 2012 (figure 2).

Dans un même temps, des dispositifs expérimentaux ont également été mis sur pied, afin de tester des méthodes de restauration de l'état sanitaire des cordons d'aulnes. Contrairement aux placettes, ces dispositifs sont gérés spécifiquement en fonction de la maladie de l'aulne et de l'état sanitaire du cordon. Cet aspect ne sera pas abordé dans cet article.

Données récoltées

Pour chaque placette, une série d'informations a été relevée concernant d'une part les caractéristiques principales du site et, d'autre part, l'état sanitaire des aulnes. Chaque souche, ainsi que chaque brin dans le cas des cépées, ont été numérotés afin de pouvoir les identifier précisément et suivre l'évolution de leur état sanitaire. On a donc ici trois niveaux d'observation : la placette, la souche et le brin. L'état sanitaire de chaque brin est déterminé via l'observation des symptômes suivants :

- le type de nécrose : absence, présence avec ou sans suintement, celui-ci pouvant être actif ou inactif ;
- la taille de la nécrose (en prenant en compte la plus grande dimension de la nécrose) ;
- la couleur de la nécrose : noir et/ou rouille ;
- la taille des feuilles : normale ou réduite ;
- la couleur des feuilles : verte, jaunâtre ou jaune ;

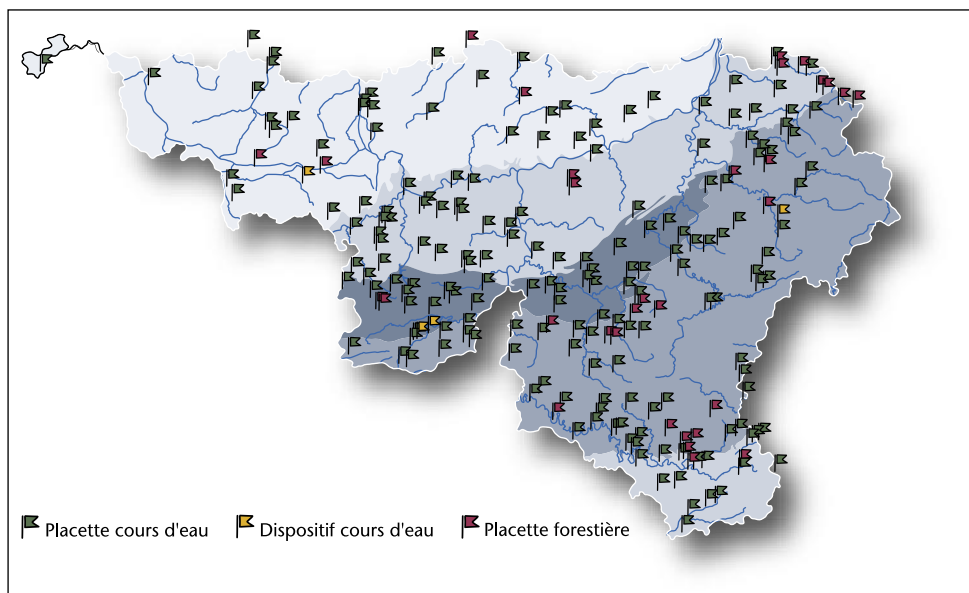


Figure 2 – Localisation des placettes cours d'eau, des placettes forestières et des dispositifs expérimentaux en Wallonie.

- l'état du houppier : normal, clair, très clair, mourant ou mort.

Ces symptômes peuvent être divisés en trois grands groupes : symptômes de nécrose, symptômes de feuilles et symptômes de houppier. Un aperçu des principaux types de symptômes et de leur gradation ainsi que des combinaisons habituellement observées sur le terrain sont illustrés dans les figures 3, 4 et 5.

Une classification du degré de dépérissement en fonction des symptômes observés a été proposée par DEBRUXELLES *et al.*^{5, 6}:

- niveau 1 : aulne sain ;
- niveau 2 : aulne avec symptômes légers, difficiles à détecter sur le terrain ;
- niveau 3 : aulne avec symptômes marqués, facilement observables sur le terrain ;

- niveau 4 : aulne mourant ;
- niveau 5 : aulne mort.

Le choix des symptômes individuels pour déterminer ce degré de dépérissement sera revu dans cet article.

Analyses

Une première analyse concerne l'évolution des symptômes (présence et gravité) et de la mortalité dans les cordons rivulaires. Dans un premier temps, les symptômes sont regroupés en « niveaux de dépérissement » tels que présentés par DEBRUXELLES *et al.*^{5, 6}, puis plus en détails selon les différents symptômes relevés.

Ensuite, une analyse plus précise de la succession des symptômes au cours du temps et de leur relation avec la mortalité est présentée, suivie d'une proposition



Figure 3 – Différents stades du symptôme de nécrose du tronc. 1 : nécrose noire sans suintement ; 2 et 3 : nécrose noire et rouille avec suintement non actif ; 4 : nécrose rouille avec suintement non actif ; 5 : nécrose noire avec suintement actif ; 6 : nécrose noire et rouille avec suintement actif.



Figure 4 – Symptômes foliaires. À gauche : feuilles jaunâtres comparées à des feuilles de couleurs normales en conditions naturelles. À droite : rameaux récoltés présentant des feuilles réduites et jaunes pour l'un et de taille normale et vertes pour l'autre.

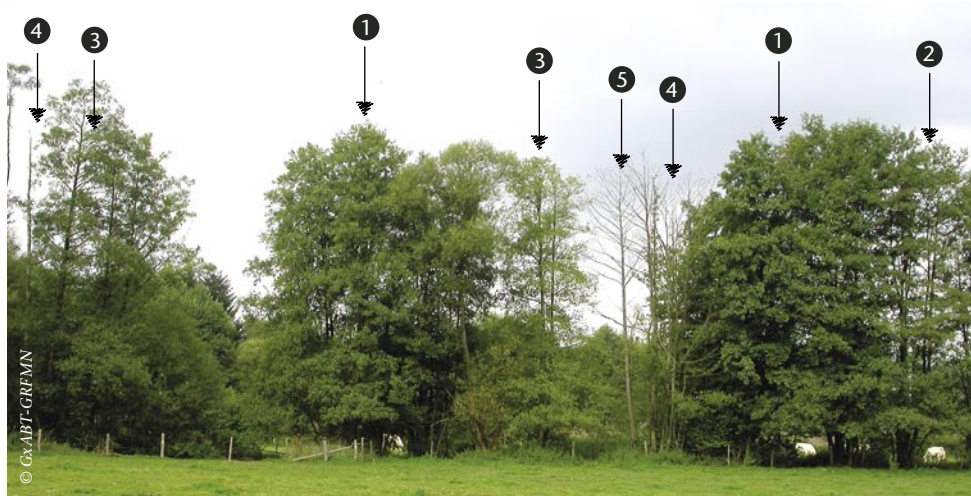


Figure 5 – Symptômes de houppier. 1 : cime normale ; 2 : cime claire ; 3 : cime très claire ; 4 : mourant ; 5 : mort. Cette image illustre bien la diversité des situations observées sur le terrain et la part de subjectivité inhérente au regroupement en classe d'un gradient continu.

de redéfinition des niveaux de dépérissement.

Pour terminer, une analyse de l'évolution de la maladie au sein des massifs forestiers à l'écart des cours d'eau est présentée.

Toutes les analyses ont été réalisées à l'échelle de la souche en considérant que l'état sanitaire de la souche correspond à celui du brin le plus atteint. Les brins d'une même cépée n'ont pas été individualisés car l'expérience a montré que la souche constitue l'unité de gestion la plus pertinente. Les taux de mortalités sont déterminés par les pourcentages d'arbres observés l'année n et retrouvés morts l'année $n+1$.

Les individus disparus ou non observés l'année $n+1$ ne sont pas pris en compte dans ce taux. La mort d'un arbre n'est bien entendu comptabilisée qu'une fois (pas de cumul), la première année où l'arbre est observé comme tel.

RÉSULTATS

Aulnes des cordons rivulaires

Évolution globale

de l'état sanitaire des aulnes

Une décennie de monitoring des ripisylves de Wallonie montre une dégradation évidente de l'état sanitaire des aulnes riverains. La figure 6 illustre cette tendance générale à la hausse du taux d'arbres symptomatiques entre 2002 et 2011, à laquelle viennent manifestement s'ajouter des variations annuelles de moindre amplitude. Les symptômes observés ne sont probablement pas tous causés par le *Phytophthora*, mais il est sans aucun doute très largement impliqué dans la dégradation globale de la santé des aulnes.

Selon notre inventaire, le taux de mortalité au sein des placettes de cours d'eau est stable et faible ces dix dernières années :

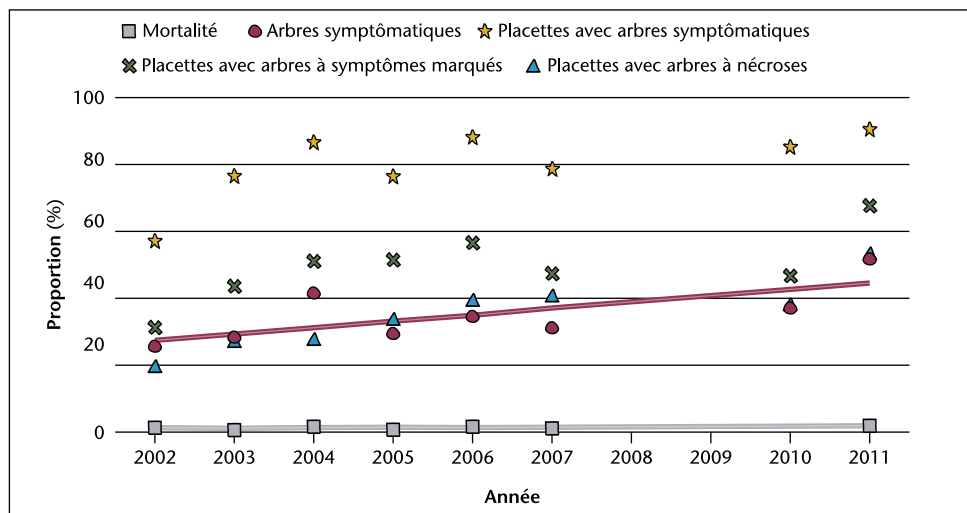
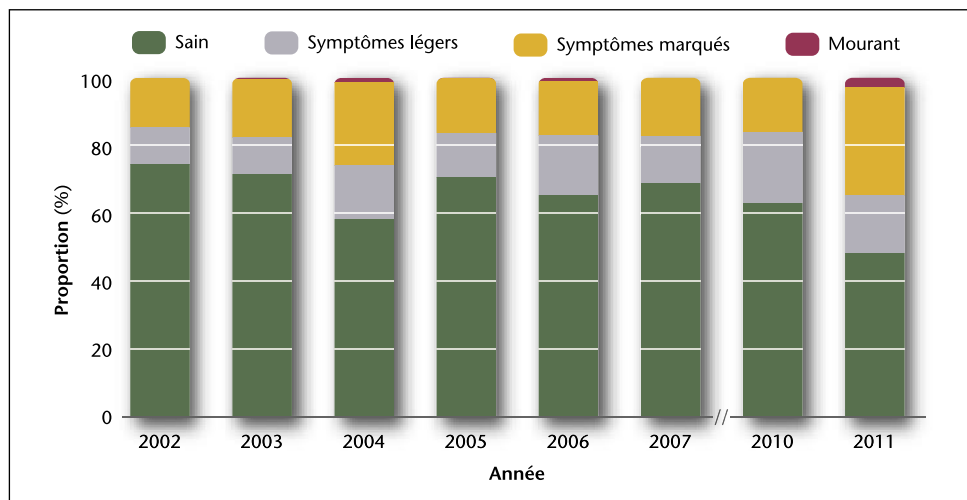


Figure 6 – Évolution du taux d'arbres symptomatiques (présentant au moins un symptôme, tous types et niveaux confondus) et du taux de mortalité (proportion d'arbres répertoriés pour la première fois comme morts) ainsi que des taux de placettes présentant au moins un aulne symptomatique, avec symptôme marqué et avec nécrose.

Figure 7 – Proportion des différents niveaux de dépérissement sans prendre en compte les individus morts.



en moyenne 1,3 % par an (figure 6). Toutefois, le taux de mortalité présenté à la figure 6 est probablement sous-estimé du fait de la non prise en compte des petits brins (< 22 cm de circonférence) par l'inventaire, alors que ceux-ci sont réputés

être plus sensibles à la maladie⁷. Le nombre de placettes sur lesquelles au moins un arbre symptomatique a été observé est très important, passant de presque 60 % en 2002 à plus de 90 % en 2011. Cependant, ces valeurs sont moins élevées si

l'on ne considère que les arbres à symptômes marqués (31 à 68 % de 2002 à 2011). Si l'on ne s'en tient qu'aux placettes contenant au moins un aulne nécrosé, signe actuellement le plus fiable de la présence du *Phytophthora*, la progression de la maladie est plus inquiétante car le taux de sites atteints a plus que doublé entre 2002 et 2011, passant de près de 20 % à plus de 50 %.

Le niveau de dépérissement est significativement plus faible en 2002 et 2003 (plus de 70 % d'arbres sans symptôme) et significativement plus élevé en 2004 et 2011 (respectivement plus de 40 % et plus de 50 % d'arbres symptomatiques). Si on se réfère à la figure 7, on constate que ces deux années sont caractérisées par un taux plus élevé d'aulnes aux symptômes marqués : près de 25 % en 2004 et plus de 30 % en 2011. Cependant, seule cette dernière année présente une proportion significativement plus élevée d'arbres mourants (3 %). La proportion d'arbres à symptômes légers est relativement stable et avoisine les 15 %.

Analyse détaillée par type de symptôme

Lorsqu'on observe de manière plus précise l'évolution individuelle de chaque symptôme (figure 8), on constate que le pic d'arbres symptomatiques de 2004 est principalement causé par une augmentation de la présence des symptômes foliaires (significativement plus élevés avec environ 20 % d'arbres présentant des feuilles jaunissantes et près de 25 % présentant des feuilles réduites) alors que la fréquence de nécroses, le symptôme le plus spécifique de la présence de *Phytophthora*, reste faible (5 % des arbres). De plus, environ un tiers des arbres répertoriés comme présentant des symptômes marqués le sont unique-

ment à cause du symptôme de feuilles réduites alors que seul un quart de ces arbres présente des symptômes de dégradation du houppier avancés ou des nécroses. Or, les symptômes de type foliaire, pouvant traduire une série d'autres problèmes que la maladie de l'aulne, sont à analyser avec prudence. En effet, un déficit foliaire ou un phénomène de microphyllie plus ou moins important peut, par exemple, perdurer pendant plusieurs années après de fortes sécheresses...⁸ Ainsi, on peut penser que la canicule importante de 2003 ait causé un affaiblissement général des aulnes, traduit en 2004 par un feuillage plus éparpillé et moins vigoureux.

Le pic de 2011 peut quant à lui être mis en relation avec une augmentation significative de la présence de tous les types de symptômes et de leur gravité. Cette situation est beaucoup plus préoccupante puisqu'elle concerne également des symptômes spécifiques de la maladie (nécroses) et ne peut donc plus être interprétée par un effet défavorable d'origine exclusivement climatique.

Nouvelle définition des niveaux de dépérissement

Des analyses de survie ont été menées afin d'évaluer la possibilité d'identification des arbres à haut risque de mortalité sur lesquels les interventions seraient prioritaires, sur base de leur état sanitaire actuel. La simple présence d'un type de symptôme ou d'une combinaison de symptômes en particulier n'a pu être mise en relation avec la mortalité. La gravité du symptôme doit également être prise en compte pour établir des relations significatives avec la mortalité. Dans ce cas, on observe une relation entre les niveaux de dégarnissement du houppier les plus avancés (cimes très

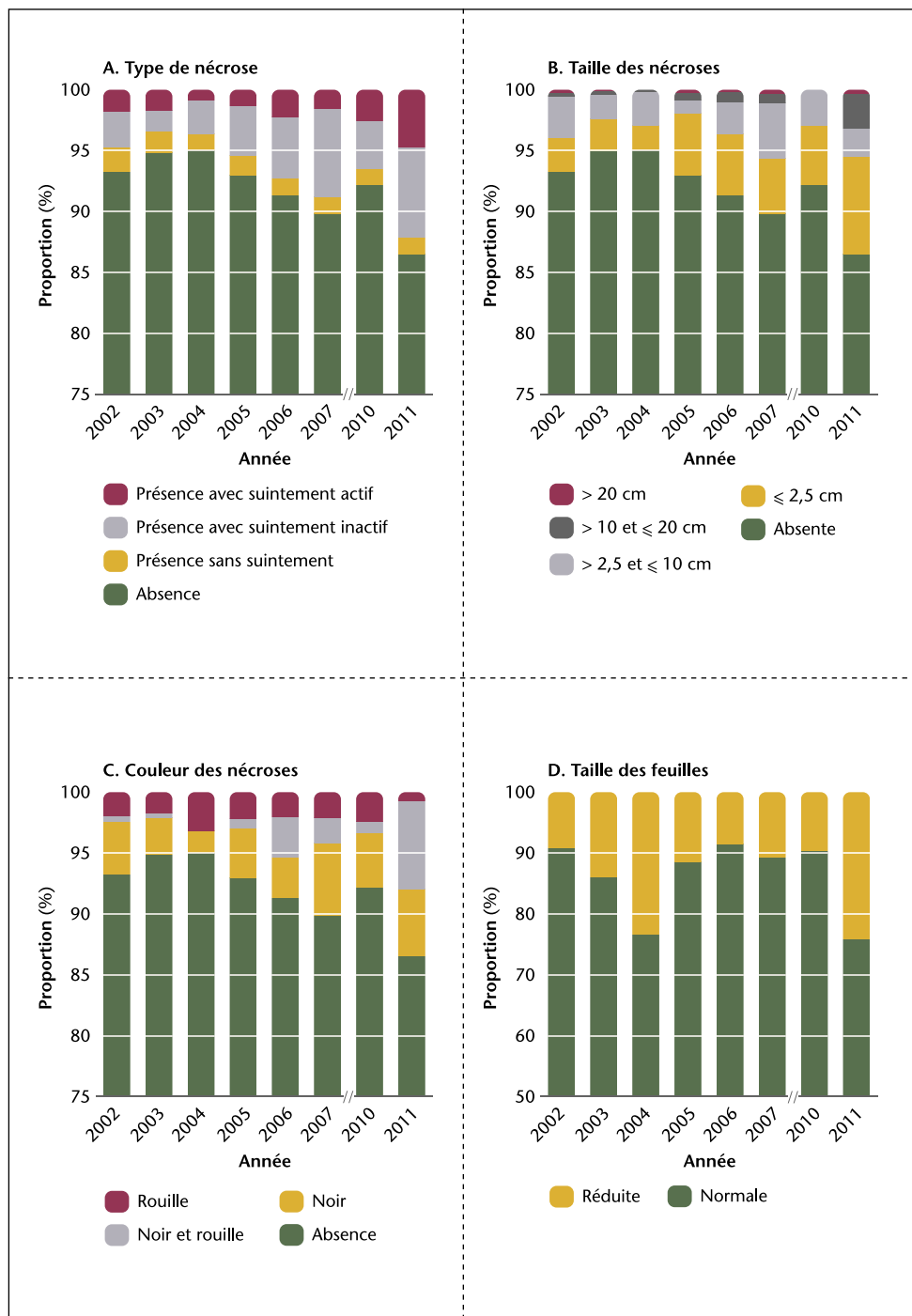


Figure 8 – Évolution des proportions des différents niveaux de chacun des types de symptômes dans les placettes cours d'eau.

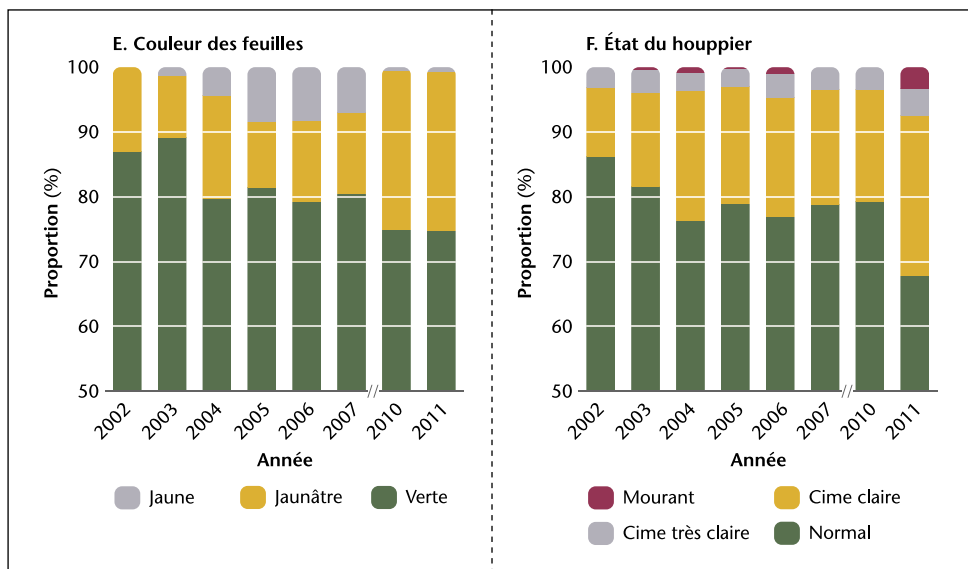


Figure 8 (suite)

claires et mourants) et la mortalité, ainsi que, dans une moindre mesure, entre le niveau de taille de tache « > 20 cm » et la mortalité (les arbres présentant ce niveau sont systématiquement associés à d'autres symptômes avancés). Il semblerait donc qu'à l'échelle d'une décennie, la probabilité de mortalité de la souche ne soit significativement plus élevée qu'en cas de présence de symptômes déjà fort avancés. On peut également ajouter que les arbres présentant plusieurs types de symptômes différents ont une probabilité moindre de rémission.

Les résultats relatifs à l'évolution annuelle et à long terme de la fréquence des symptômes ont permis de redéfinir les niveaux de dépérissement de DEBRUXELLES *et al.*^{5,6} (figure 9). Une moindre importance a été accordée aux symptômes foliaires qui ne peuvent plus conduire individuellement au niveau de dépérissement « symptômes marqués ».

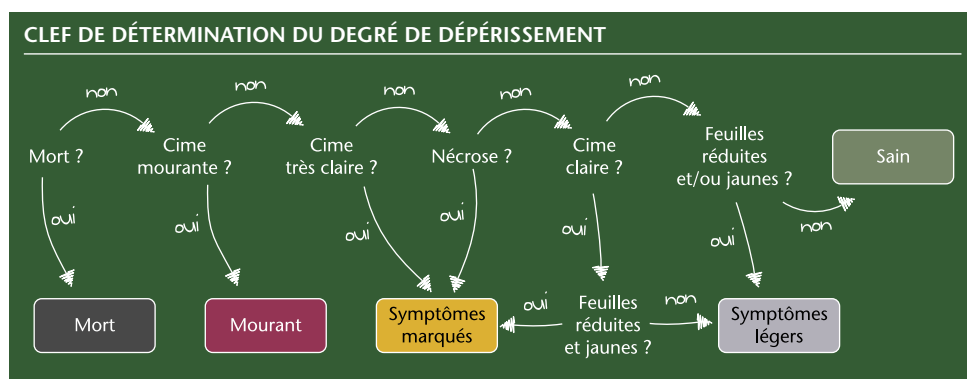
Sur cette nouvelle base, l'analyse de survie menée sur les dix années de monitoring montre que seuls les aulnes qui ont une cime mourante ont une tendance significativement plus élevée à mourir (figure 10). Les aulnes relevant des autres niveaux de dépérissement ne se distinguent pas significativement entre eux quant à leur propension à évoluer vers la mort. En particulier, on remarquera que la mortalité des aulnes sains ne se distingue pas de celles des aulnes à symptômes légers et même marqués ! Cela met en exergue la complexité de la relation entre l'aulne, le *Phytophthora* et le milieu. La figure 11 présente les proportions par année des niveaux de dépérissement redéfinis.

Aulnaies forestières, à l'écart de cours d'eau

L'état sanitaire des aulnes étant alarmant sur les rives des cours d'eau, on peut se demander ce qu'il en est dans les peuple-

Niveau de dépérissement		Niveau des symptômes individuels			
		Nécrose	Taille des feuilles	Couleur des feuilles	Houppier
Niveau 0	Sain	Absence	Normale	Verte	Normal
		Absence	Réduite	Verte	Normal
		Absence	Normale	Jaune/jaunâtre	Normal
Niveau 1	Symptômes légers	Absence	Réduite	Jaune/jaunâtre	Normal
		Absence	Normale	Verte	Cime claire
		Absence	Réduite	Verte	Cime claire
		Absence	Normale	Jaune/jaunâtre	Cime claire
		Absence	Réduite	Jaune/jaunâtre	Cime claire
		Absence	Réduite	Jaune/jaunâtre	Cime claire
Niveau 2	Symptômes marqués				Cime très claire
		Présence			
Niveau 3	Mourant				Cime mourante
Niveau 4	Mort				

Figure 9 – Nouveaux critères de classification du niveau de dépérissement.



ments forestiers où la production de bois est recherchée par les sylviculteurs. Le même type d'analyse a donc été mené, avec une moindre intensité, à l'écart des cours d'eau.

Une particularité de ce jeux de données est à préciser : les niveaux de dépérissement du houppier « très clairs » et « mourant » n'ont été notés de manière distincte qu'en 2012. Il n'est donc pas possible de connaître leurs proportions respectives pour les autres années, ni de distinguer les niveaux de dépérissements « symptômes marqués » et « mourant ».

Tendance générale :
évolution du taux d'arbres symptomatiques, de la mortalité et du niveau de dépérissement
 En termes de taux de peuplements atteints, la situation en forêt à l'écart des cours d'eau est étonnamment comparable à celle des cordons rivulaires. Par contre, l'impact de la maladie, en proportion d'arbres à symptômes marqués ou mourants, est environ deux fois moindre. En 2003 et 2007, le pourcentage d'arbres symptomatiques se situe aux alentours des 20 % (figure 12), ce qui est inférieur aux valeurs estimées en placettes forestières (environ 30 %). L'augmentation observée en 2010

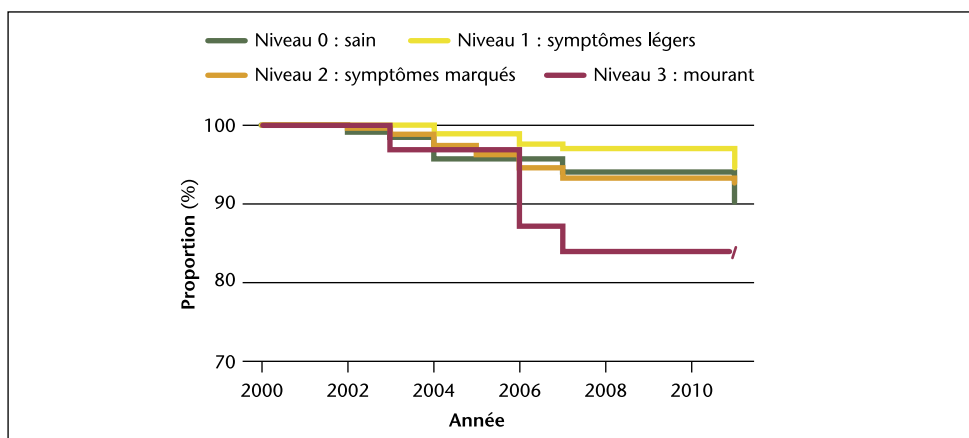
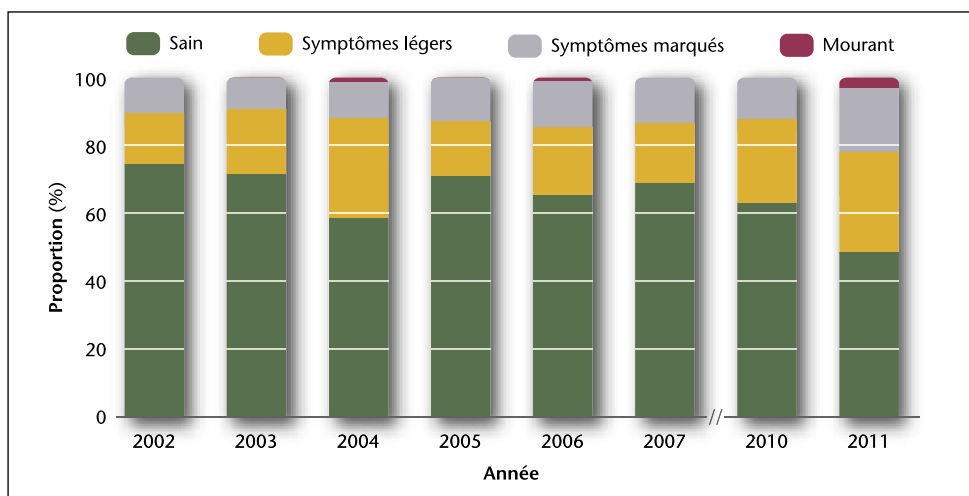


Figure 10 – Analyse de survie des souches en fonction de leur niveau de dépérissement maximum observé, déterminé selon le nouveau classement proposé. 0 : aulne sans symptôme ; 1 : aulne avec symptômes légers ; 2 : aulne avec symptômes marqués ; 3 : aulne mourant ($P=0,08$).

Figure 11 – Proportions des niveaux de dépérissement redéfinis.



et 2011 pour les placettes des cours d'eau se confirme ici avec le doublement du taux d'arbres symptomatiques (près de 40 %) en 2012. La mortalité reste toutefois très faible, nettement inférieure à 1 % des souches. Cependant, comme pour les placettes de cours d'eau, ces valeurs ne tiennent pas compte des arbres de faibles dimensions (< 22 cm de circonférence).

La maladie a donc une occurrence similaire sur les placettes forestières et sur celles situées le long du cours d'eau mais l'impact du *Phytophthora* sur ces dernières en nombre d'arbres atteints est beaucoup plus important. Cela conforte l'idée d'une présence et d'un taux d'infection plus important dans les placettes riveraines où les arbres symptomatiques sont plus groupés,

évoquant leur contamination plus intense via l'eau à partir des foyers de présence du *Phytophthora*. La dispersion beaucoup plus importante des arbres symptomatiques en forêt suggère des problèmes ponctuels, associés ou non au *Phytophthora*, et peu sus-

ceptibles de mettre en danger l'ensemble d'un peuplement.

En ce qui concerne les degrés de dépérissement, dont l'évolution est représentée à la figure 13, on retrouve bien le taux cons-

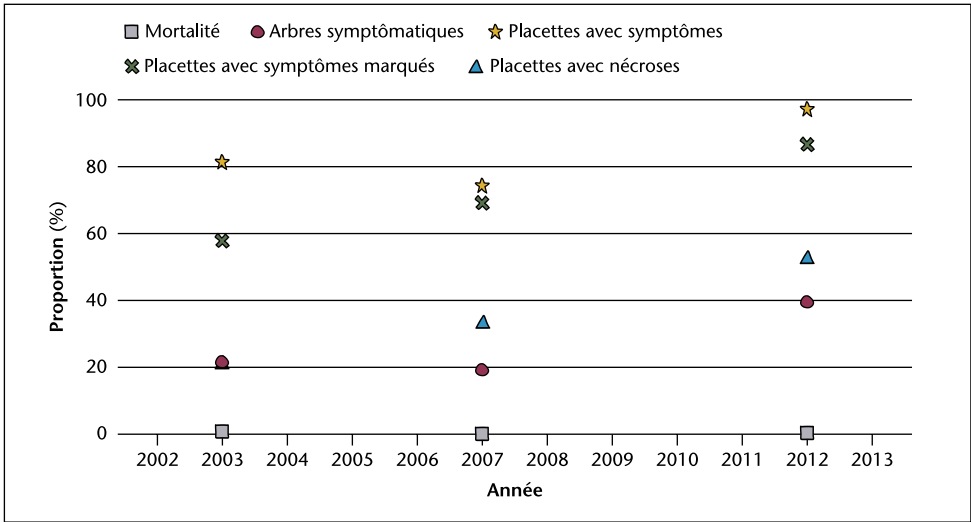
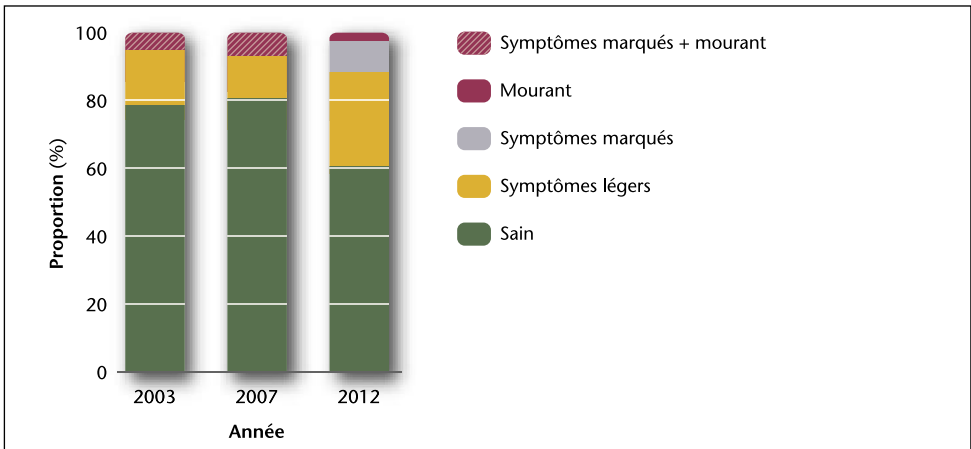


Figure 12 – Évolution du taux d'arbres symptomatiques (présentant au moins un symptôme, tous types et niveaux confondus) et du taux de mortalité (proportion d'arbres répertoriés pour la première fois comme morts) ainsi que des taux de placettes présentant au moins un aulne symptomatique, avec symptôme marqué et avec nécrose.

Figure 13 – Proportion des différents niveaux de dépérissement redéfinis sans prendre en compte les individus morts. Les houppiers « très clairs » et « mourant » ont été notés de manière distincte uniquement en 2012.



tant d'arbres symptomatiques en 2003 et 2007 mais on peut observer que la proportion du niveau de dépérissement « symptômes marqués » est plus importante en 2007. Entre 2003 et 2007, le nombre d'arbres avec symptômes est stable mais le niveau de dépérissement de ceux-ci semble s'aggraver. En 2012, le taux d'aulnes symptomatiques double, surtout du fait d'une très forte augmentation du niveau de dépérissement « symptômes légers » qu'il n'est pas certain que l'on puisse attribuer exclusivement au *Phytophthora*, surtout après le printemps exceptionnellement sec de 2011.

Analyse détaillée par type de symptôme

L'observation détaillée des symptômes montre que l'augmentation d'arbres symptomatiques en 2012 est surtout le fait de houppiers à cimes claires (figure 14F). Les symptômes de nécrose, les plus caractéristiques du *Phytophthora*, sont peu fréquents (< 5 % des arbres) mais leur fréquence a quand même presque doublé entre 2007 et 2012 (figures 14A, B et C).

Compte tenu de la difficulté d'observer les symptômes foliaires et l'état du houppier au sein de peuplements forestiers (figures 14D, E et F), il faut rester prudent avec leur évaluation, d'autant plus lorsqu'il s'agit de niveaux peu marqués (cime claire, feuilles jaunâtres).

Si l'on s'en tient aux symptômes marqués, le niveau actuel de la maladie de l'aulne est moins alarmant en forêt à l'écart des cours d'eau que sur les berges, avec de l'ordre de 20 % d'arbres concernés en forêt contre 35 % en cordons rivulaires. La différence est encore plus marquée si l'on s'en tient aux nécroses : respectivement 4 et 13 %.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

De manière générale, on assiste à une dégradation progressive de l'état sanitaire des aulnaies en Wallonie, plus marquée en cordons rivulaires que dans les peuplements forestiers, autant en nombre d'arbres atteints qu'en niveau de gravité des symptômes. Les observations de 2011 et 2012 sont inquiétantes et incitent fortement à continuer les investigations concernant la maladie de l'aulne durant les prochaines années. Le but est d'évaluer si cette forte aggravation de l'état sanitaire se confirme, si la mortalité reste stable malgré cette situation et si de jeunes semis sont capables de régénérer les populations d'aulnes. Les observations montrent également que la maladie de l'aulne s'est tellement généralisée, en forêt comme en ripisylve, qu'il est illusoire de la combattre par des abattages. Par contre la conservation des souches pour leur rôle dans le maintien des berges peut justifier des interventions ciblées.

À cet égard, dans les limites de notre étude (dix années de suivi), l'analyse de survie ne permet pas d'associer la maladie à une mortalité significativement plus élevée. Ainsi, la présence de nécroses, symptômes caractéristiques de la maladie, n'influence pas la probabilité de mortalité à moyen terme. Celle-ci ne devient significativement plus élevée que lorsqu'il y a présence de niveaux très avancés des symptômes d'altération du houppier (cime très claire et cime mourante). Or, il semblerait qu'à ce stade, le recépage de la souche, fortement affaiblie, n'a que peu de chance de donner lieu à un rejet sain et vigoureux.

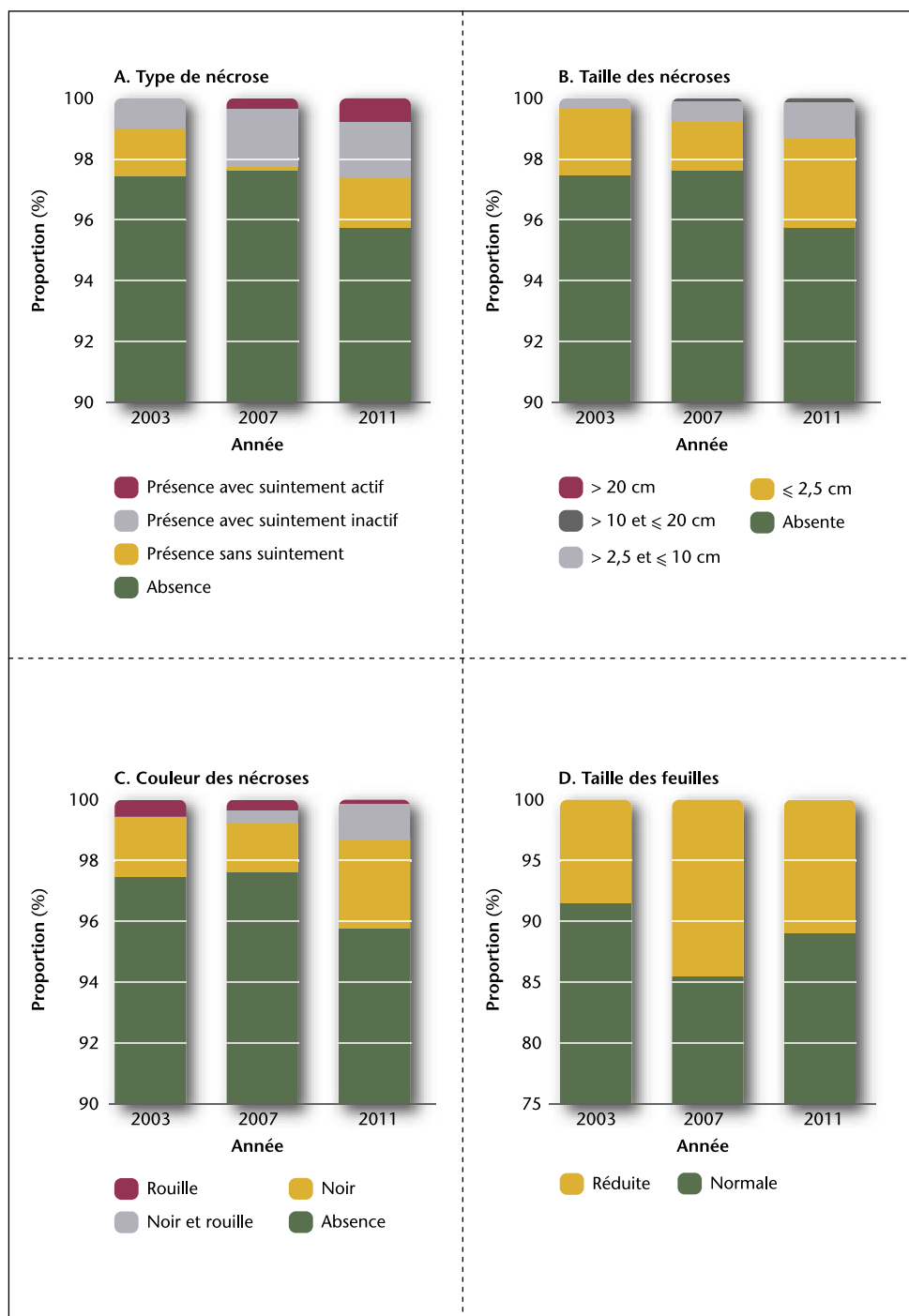


Figure 14 – Évolution des proportions des différents niveaux de chacun des types de symptômes dans les placettes forestières.

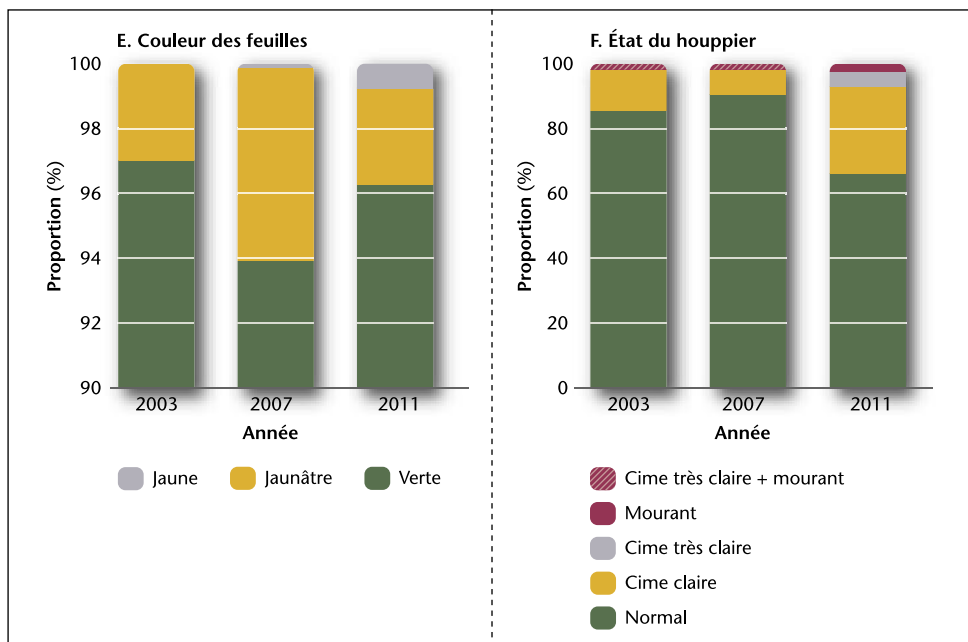


Figure 14 (suite)

Indépendamment de la gestion globale de la maladie proprement dite, une gestion adaptée peut être envisagée pour restaurer localement l'état sanitaire des bandes riveraines et assurer à long terme le maintien de leurs fonctions écologiques. À ce propos, l'outil principal du gestionnaire est le recépage car il permet de régénérer une cèpée exempte de symptômes^{5, 6}. Des études sont toutefois encore en cours quant à la capacité de rejet de souche selon les niveaux de dépérissement et l'impact du recépage sur la présence de l'agent pathogène dans les souches.

Par ailleurs, le comportement des populations d'aulnes vis-à-vis du *Phytophthora* est aussi à prendre en compte. On observe en effet couramment des individus indemnes au sein de cordons très marqués par la maladie. Des recherches sur une possible

résistance des aulnes à la maladie sont actuellement en cours au centre de recherche agronomique de Gembloux. Un article présentant les résultats de cette étude sera prochainement publié.

Enfin, de nombreuses questions restant encore en suspens, on ne peut que conseiller de favoriser la diversité d'essences au sein des cordons où le saule, l'érable ou encore le chêne pédonculé, peuvent suppléer partiellement les aulnes dans la gestion des bandes riveraines. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ BRASIER C.M., KIRK S.A., DELCAN J., COOKE D.E.L., JUNG T., MAN IN'T VELD W.A. [2004]. *Phytophthora alni* sp. nov. and its variants: designation of emerging heteroploid hybrid

- pathogens spreading on *Alnus trees*. *Mycol. Res.* **108** : 1172–1184.
- ² CAVELIER M., CLAESSENS H., ETIENNE M., [1999]. Premier signalement du Phytophthora de l'aulne (*Alnus glutinosa*) en Belgique. *Parasitica* **55** : 63-71.
- ³ CLAESSENS H. [2005]. *L'aulne glutineux, ses stations et sa sylviculture*. Éd. Forêt Wallonne asbl, 194 p.
- ⁴ DE MERLIER D., CHANDELIER A., DEBRUXELLES N., NOLDUS M., LAURENT F., DUFAYS E., CLAESSENS H., CAVELIER M. [2005]. Characterization of alder *Phytophthora* isolates from Wallonia and development of SCAR primers for their specific detection. *J. Phytopathology* **153** : 99-107.
- ⁵ DEBRUXELLES N., CHANDELIER A., DUFAYS E., CLAESSENS H., CAVELIER M., RONDEUX J. [2007]. Le dépérissement de l'aulne en Wallonie. 1^{ère} partie. *Silva Belgica* **3** : 32-35.
- ⁶ DEBRUXELLES N., CHANDELIER A., DUFAYS E., CLAESSENS H., CAVELIER M., RONDEUX J. [2007]. Le dépérissement de l'aulne en Wallonie. 2^{ème} partie : identification des symptômes et recommandations de gestion. *Silva Belgica* **4** : 24-27.
- ⁷ LONSDALE D. [2003]. *Phytophthora* disease of alder : sources of inoculum, infection and host colonisation. In: *Phytophthora Disease of Alder in Europe*. Edited by GIBBS J., VAN DIJK C., WEBBER J. Edinburgh, Forestry Commission.
- ⁸ NAGELEISEN L.M., PIOU N., SAINTONGE F.X., RIOU-NIVERT P. [2010]. *La santé des forêts. Maladies, insectes, accidents climatiques... Diagnostic et prévention*. Département de la santé des forêts, Institut pour le développement forestier.
- ⁹ MOUCHET F., LAUDELOUT A., DEBRUXELLES N., HENROTAY F., RONDEUX J., CLAESSENS H. [2010]. *Guide d'entretien des ripisylves*. SPW, DGARNE, DCENN, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de gestion des ressources forestières et des milieux naturels.

- ¹⁰ STREITO J.C. [2003]. *Phytophthora* disease of alder : identification and distribution. In: *Phytophthora Disease of Alder in Europe*. Edited by GIBBS J., VAN DIJK C., WEBBER J. Edinburgh, Forestry Commission.

Cet article est le fruit de plusieurs années de recherche financées par le Département des Cours d'Eau Non Navigables (DCENN-SPW). Nous remercions tout spécialement Marie Veillet qui a réalisé son stage et son travail de fin d'étude sur la maladie de l'aulne au sein de l'unité de GRFMN.

JENNIFER DI PRINZIO

j.diprinzio@doct.ulg.ac.be

FRÉDÉRIC HENROTAY

HUGUES CLAESSENS

hugues.claessens@ulg.ac.be

Unité de gestion des ressources
forestières et des milieux naturels,
Gembloux Agro-Bio Tech, ULg

Passage des Déportés, 2
B-5030 Gembloux

ANNE CHANDELIER

Biologie des nuisibles et biovigilance,
Département Sciences du vivant,
CRA-W

Rue de Liroux, 4
B-5030 Gembloux